



# Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal

e-ISSN: 2621-5586

Volume 5, Nomor 1, Maret 2023

Doi: <https://doi.org/10.36441/seoi.v5i1.1876>

## STRATEGI PENGEMBANGAN PANAS BUMI DI PERUSAHAAN MINYAK DAN GAS

### *GEOHERMAL DEVELOPMENT STRATEGIES IN OIL AND GAS COMPANIES*

Rizaldin Andwir<sup>1</sup>, Andri D. Setiawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok

\*E-mail Korespondensi: [rizaldin.andwir01@ui.ac.id](mailto:rizaldin.andwir01@ui.ac.id)

Diterima: 19 Maret 2023 Disetujui: 30 Maret 2023

#### ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi panas bumi terbesar didunia karena berada dalam jalur *ring of fire*. Cadangan energi panas bumi yang dimiliki Indonesia sebesar 29,4 GW. Namun hingga tahun 2022 kapasitas terpasang panas bumi di Indonesia baru sekitar 2,175 GW yang masih jauh dari potensi sebenarnya. Pengembangan energi panas bumi diperlukan bagi Indonesia untuk memberdayakan sistem energi berkelanjutan, sehingga mencapai target 3,1 GW berdasarkan RUEN 2017. Untuk mencapai target RUEN, diperlukan pengembangan yang lebih baik lagi melalui peran *industry oil and gas*. Pengembangan panas bumi dipandang sebagai sistem dinamis yang kompleks, dengan tantangan yang rumit untuk mencapai tujuan tersebut. Tulisan ini bertujuan untuk memahami kompleksitas pengembangan energi panas bumi. Untuk tujuan tersebut, tulisan ini menganalisis pengembangan panas bumi dengan pendekatan *holistic* dan sistematis menggunakan tahap konseptual pendekatan dinamika sistem. Model konseptual menunjukkan bahwa banyak faktor yang mendasari pengembangan energi panas bumi di Indonesia.

**Kata kunci:** panas bumi; sistem dinamik; strategi perusahaan

#### ABSTRACT

##### ABSTRACT

Indonesia is a country that has the largest geothermal potential in the world because it is in the ring of fire. Indonesia's geothermal energy reserves are 29,4 GW. However, until 2022, geothermal installed capacity in Indonesia is only around 2,175 GW, which is still far from its true potential. Geothermal energy development is needed for Indonesia to empower sustainable energy systems, so as to achieve the target of 3,1 GW based on the 2017 RUEN. To achieve the RUEN target, better development is needed through the role of the oil and gas industry. Geothermal development is seen as a complex dynamic system, with complex challenges to achieve this goal. This paper aims to understand the complexities of geothermal energy development. For this purpose, this paper analyzes geothermal development with a holistic and systematic approach using the conceptual stage of the system dynamics approach. The conceptual model shows that there are many factors that underlie the development of geothermal energy in Indonesia.

**Keywords:** geothermal; system dynamics; company strategy

How to cite this article:

Andwir,R. Setiawan,A.D.. (2023). Strategi pengembangan panas bumi di perusahaan minyak dan gas. *Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal*, 5(1), 66-75. Doi: <https://doi.org/10.36441/seoi.v5i1.1876>

## PENDAHULUAN

Secara umum tidak semua negara memiliki potensi energi panas bumi, hanya negara-negara yang dilalui oleh cincin api atau *ring of fire* yang memiliki sumber energi panas bumi (Nasruddin et al., 2016). Indonesia merupakan salah satu negara yang dilewati jalur *ring of fire*, sehingga banyak gunung api yang aktif berada di Indonesia. Gunung api tersebut tersebar di pulau Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, Maluku dan Sukawesi, yang terdapat 117 gunung berapi aktif. Serta Indonesia terdiri dari 256 wilayah yang memiliki potensi energi panas bumi (Purba et al., 2020). Indonesia memiliki cadangan panas bumi paling luas hampir 40 % dari potensi energi panas bumi di dunia yaitu sekitar 28,617 MW, maka Indonesia memiliki potensi panas bumi yang melimpah. Energi panas bumi di Indonesia masih belum dimaksimalkan. Saat ini kapasitas terpasang energi panas bumi Indonesia hanya sekitar 2,133 MW (Setiawan et al., 2020). Serta memiliki potensi EBT yang besar, tersebar, dan beragam untuk mendukung ketahanan energi nasional dan pencapaian target bauran EBT. Sesuai PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, target bauran energi baru dan terbarukan pada Tahun 2025 paling sedikit 23 % dan 31 % pada tahun 2050. Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang cukup besar untuk mencapai target tersebut, hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut

**Tabel 1.1. Potensi EBT Indonesia (ESDM)**

Jenis Energi	Potensi
<i>Hydro</i>	94,3 GW
Panas bumi	28,5 GW
<i>Bioenergi</i>	Bio PP : 32,6 GW Biofuel : 200 Thousand bpd
<i>Solar Energi</i>	207,8 GWp
<i>Wind</i>	60,6 GW
<i>Ocean Energi</i>	17,9 GW

Porsi energi terbarukan dalam bauran energi primer di Indonesia baru mencapai 11,2 %, sehingga target energi terbarukan 23 % semakin sulit dicapai beberapa tahun ke depan. Kapasitas energi terbarukan saat ini masih jauh dari yang dibutuhkan untuk sepenuhnya mendekarbonisasi sistem energi pada tahun 2050, untuk itu 10 tahun kedepan Indonesia perlu meningkatkan investasi tahunan sepuluh kali lebih besar dari target pemerintah saat ini. Pada tahun 2021 investasi energi terbarukan mencapai USD 1,12 miliar. Pemerintah harus memperbaiki iklim investasi di Indonesia melalui kerangka peraturan dan kebijakan yang lebih baik dan meningkatkan partisipasi semua pemangku kepentingan dalam transisi energi guna meningkatkan investasi dalam energi terbarukan (IESR, 2021). Menurut Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) 2017, capaian panas bumi yang ditargetkan adalah sebesar 3,1 GW (realisasi 66% dari target). Untuk mencapai target RUEN, diperlukan pengembangan terhadap energi panas bumi yang lebih baik lagi. Pengembangan energi panas bumi diperlukan bagi Indonesia untuk memungkinkan sistem energi Indonesia yang berkelanjutan. Dalam pengembangan energi terbarukan Industri minyak dan gas memainkan peranan penting dalam transisi menuju pembangunan rendah karbon dengan mempromosikan efisiensi lingkungan pada Industri minyak dan gas (Chaiyapa et al., 2018).

Energi terbarukan mengambil peran yang semakin penting dalam industri energi. Oleh karena itu, perusahaan minyak semakin memposisikan diri untuk transisi energi yang dicanangkan. Hal ini memang menimbulkan pertanyaan apakah alokasi modal yang cukup besar ke energi terbarukan dapat mengindikasikan bahwa perusahaan minyak memang bertransformasi menjadi perusahaan energi (Pickl, 2019). Saat memilih jalur transisi, perusahaan perlu mempertimbangkan secara komprehensif faktor-faktor seperti kebijakan nasional, kebijakan lokal, kekuatan perusahaan, dan tingkat teknologi. Selain itu, ketiga jalur transformasi tersebut dapat dilakukan secara paralel atau bertahap sesuai dengan tujuan jangka pendek dan jangka panjang perusahaan (Lu et al., 2019).

Belakangan, perusahaan dengan pertumbuhan teknologi tinggi menjadi sasaran "*System Dynamics*". Program ini memperjelas mengapa bisnis teknologi tinggi mandek atau gagal setelah mencapai tingkat pertumbuhan tertentu. Melalui pemodelan, dinamika sistem ditingkatkan dari faktor fisik sederhana seperti inventaris menjadi ide yang jauh lebih kompleks. Sistem dinamis adalah metode untuk meningkatkan pembelajaran dalam sistem yang kompleks, sebagai metode untuk membentuk *management flight simulator*, simulasi komputer, untuk membantu mempelajari tentang kompleksitas dinamis, memahami sumber resistensi kebijakan, dan merancang kebijakan yang lebih efektif (Sterman, 2000, hal.4). Pendekatan dinamika sistem mengeksplorasi perilaku dinamis dari suatu sistem dan menganalisis bagaimana struktur dan parameter sistem mengarah pada pola perilaku. (Lertpattarapong, 2002). Dinamika sistem dapat memberikan solusi pada bisnis perusahaan dengan anggaran besar untuk masalah signifikan seperti mengantisipasi permintaan produk baru atau menghitung dampak pilihan kebijakan pada sistem tenaga listrik regional (Harris, 2000).

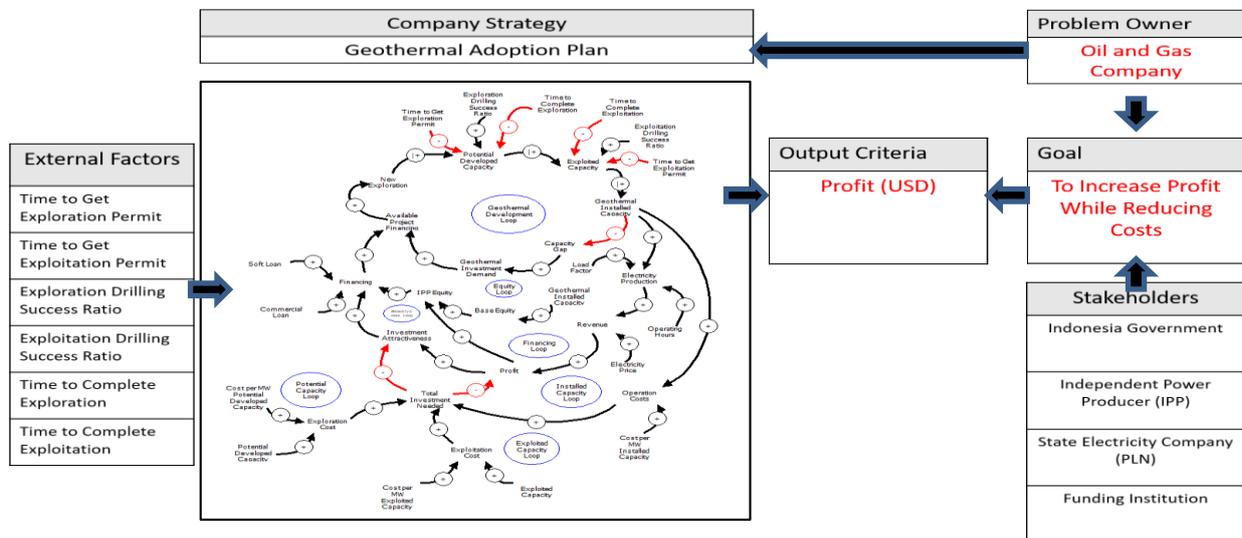
Oleh karena itu, diperlukan pendekatan *System Dynamic* yang digunakan sebagai *tools* untuk penelitian ini karena *system Dynamic* mempelajari pola perilaku dinamis dari suatu sistem dan melakukan simulasi untuk memodelkan sistem kompleks yang dinamis pada pengadopsian energi panas bumi untuk meningkatkan strategi manajemen pada Industri minyak dan gas. Mengidentifikasi aktor-aktor yang mempengaruhi sistem. Selain itu *system dynamic* paling cocok untuk situasi di mana sebagian besar variabel berubah secara terus menerus. Berkaitan dengan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengurai kompleksitas pengadopsian energi terbarukan panas bumi dan memformulasikan strategi bagi Industry Oil & Gas berdasarkan perilaku tersebut, sehingga membantu mempertahankan pertumbuhan perusahaan. Model sistem dinamik dan analisis pola perilaku sistem pada penelitian akan membantu Industri minyak dan gas dalam menerapkan strategi yang tepat.

## **METODE**

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan *system dynamics*. Diagram sistem digunakan untuk menggambarkan permasalahan secara komprehensif, yaitu untuk mengkonseptualisasikan pengembangan panas bumi sebagai sistem yang nyata. Diagram sistem bertujuan untuk menggambarkan keseluruhan proses dalam sistem untuk mencapai tujuan sesuai parameter. Model dinamika sistem dikembangkan terlebih dahulu dalam bentuk lingkaran kemudian disederhanakan menjadi lebih dari diagram stok dan aliran untuk menggambarkan keseluruhan sistem dan kemudian dilakukan pengembangan strategi berdasarkan model yang membantu dalam menciptakan strategi yang efektif dan efisien.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah diperoleh pemahaman terhadap konsep permasalahan yang berlaku secara umum dalam program pengembangan panas bumi, dengan disesuaikan kondisi yang berlaku di Indonesia, maka dibuat sistem diagram untuk menyatukan konsep-konsep yang ada serta sebagai kerangka dalam perancangan model simulasi yang akan dibuat. Sistem diagram yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 1.



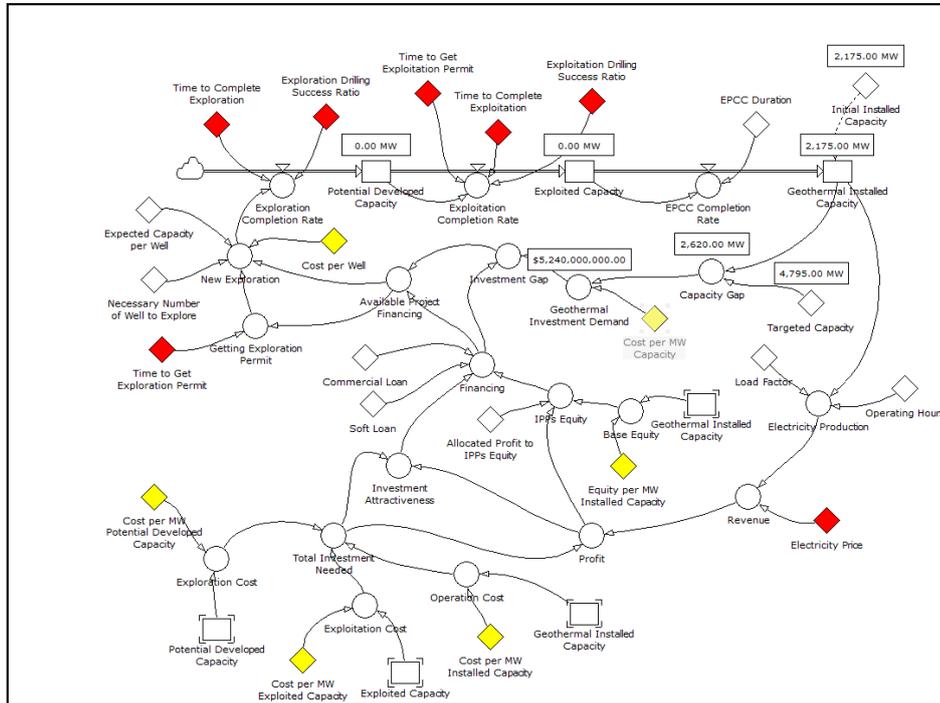
Gambar 1. Model Konseptual

Sistem diagram dibentuk dengan perspektif pemilik permasalahan (*problem owner*) adalah Industri *oil* dan gas di Indonesia. Dalam hal ini tujuan yang ingin dicapai Industri *oil* dan gas di Indonesia adalah meningkatkan *profit* dan mengurangi biaya pemrosesan panas bumi. Tentunya dalam mewujudkan tujuan tersebut diperlukan adanya pertimbangan terhadap *stakeholder* yang terlibat, dalam konteks ini *stakeholder* yang terlibat adalah pemerintah Indonesia, produsen listrik independen (IPP), perusahaan listrik Negara (PLN), dan Lembaga Pendanaan. Dalam runag lingkup sistem permodelan yang dibuat, *independen power producer* (IPP), PLN, dan lembaga pendanaan merupakan sistem yang saling berinteraksi satu sama lain.

Adapun kriteria hasil yang ingin dicapai ialah *profit* besar yang didapatkan industri *oil* dan gas dari pengembangan panas bumi. Permasalahan menjadi kompleks ketika dilakukan pertimbangan terhadap aspek produksi yang tentunya tidak lepas dari *independen power producer* (IPP). Dalam hal ini aspek-aspek eksternal pada sistem ini ialah waktu mendapatkan izin eksplorasi, waktu untuk mendapatkan izin eksploitasi, ratio keberhasilan eksplorasi pemboran, ratio keberhasilan eksploitasi pemboran, waktu untuk menyelesaikan eksplorasi, dan waktu untuk menyelesaikan eksploitasi. Aspek-aspek eksternal yang disebutkan menjadi faktor-faktor yang ikut terkait dengan program yang direncanakan. Dari permasalahan dan kompleksitas yang ada inilah kemudian akan dicari kebijakan atau strategi kerangka kerja yang memungkinkan untuk diterapkan sebagai pedoman diverifikasi dan pengembangan energi panas bumi

### 3.1. Verifikasi Model

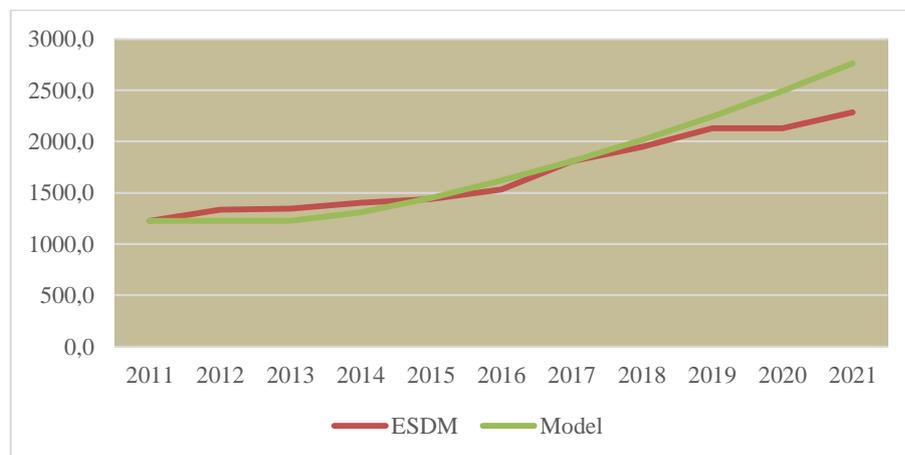
*Causal loop* dibuat berdasarkan kondisi *system* panas bumi *adoption plan* dengan asumsi periode simulasi dimulai tahun 2011 sampai dengan tahun 2021 sesuai dengan data ESDM. *Causal loop* diagram kemudian diterjemahkan ke dalam *stock and flow* diagram seperti yang terlihat pada Gambar 2. Sebagai model simulasi yang akan digunakan



Gambar 2. SFD Panas bumi *Adoption Plan*

Secara umum verifikasi pada penelitian ini dilakukan pada semua variabel pada model. Verifikasi dilakukan dengan membandingkan karakteristik perubahan nilai dari setiap variabel pada subsistem performa *industry oil* dan gas dihasilkan dari simulasi dengan nilai aktual pada keadaan sebenarnya. Verifikasi yang dilakukan hanya pada beberapa perhitungan yang memiliki peranan penting bagi keabsahan model simulasi sistem dinamis.

#### 3.1.1. Behavior Reproduction Test

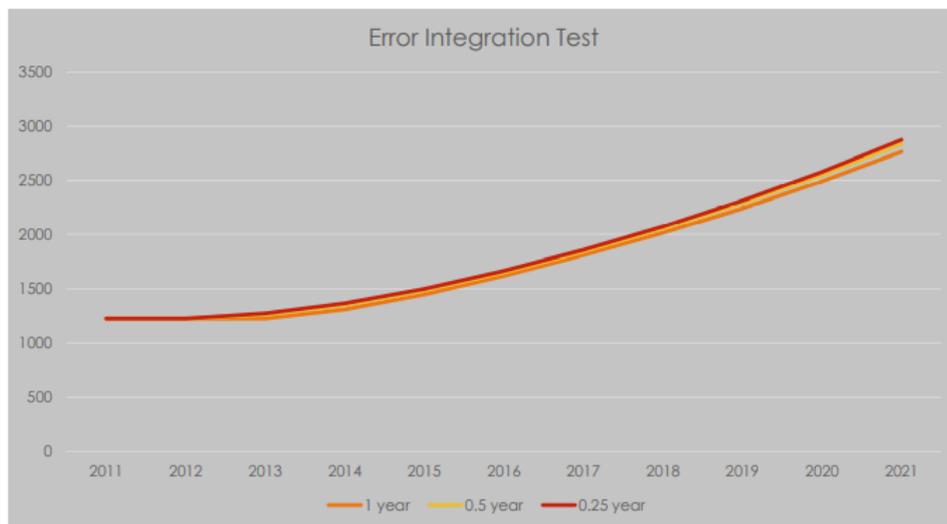


Gambar 3. Grafik Perbandingan Data ESDM Aktual dengan Data ESDM Simulasi

Dari Gambar 3. diatas dapat dilihat karakteristik pergerakan hasil model simulasi yang hampir menyerupai kondisi aktual dan persentase perbedaan yang relatif kecil. Dari hasil verifikasi dapat dikatakan bahwa perhitungan yang dilakukan simulasi dan hasil keluarannya dapat mencerminkan kondisi nyata.

### 3.1.2. *Error Integration Test*

Pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah hasil simulasi sensitif terhadap *time step* yang dipergunakan. Metode yang umum pengujian ini ialah membandingkan hasil simulasi *time step* normal dengan hasil *time step* setengah dari seharusnya. Oleh karena itu dalam pengujian ini penulis membandingkan hasil yang diperoleh dari penggunaan *time step* 1 tahun, 0,5 tahun dan 0,25 tahun dengan hasil yang ditunjukkan Gambar 4. berikut.

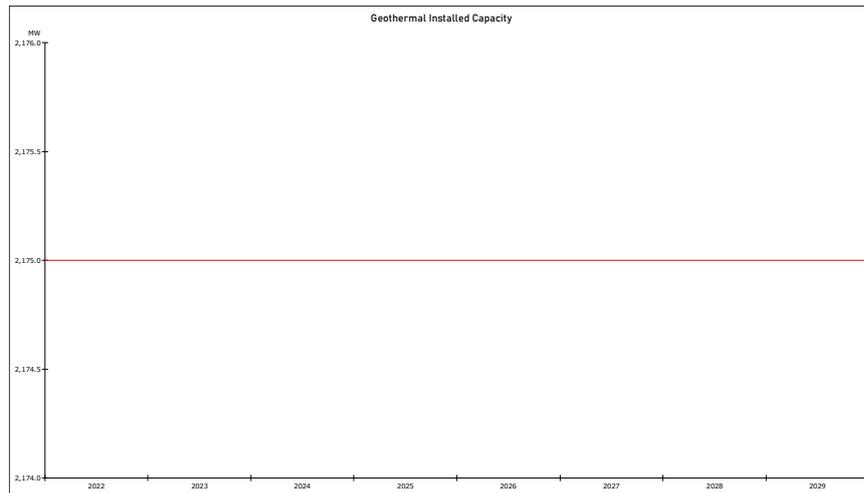


Gambar 4. Grafik *Error Integration Test*

Berdasarkan grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa secara umum tidak ada perbedaan yang signifikan dari hasil simulasi pada *time step* yang berbeda. Model konsisten terhadap perubahan pada *time step*.

### 3.1.3. *Zero Extreme Condition Test*

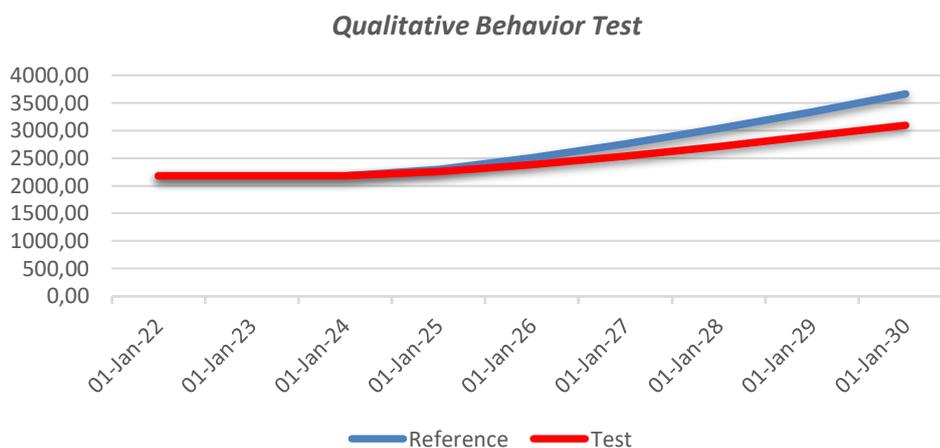
Pengujian kondisi ekstrim dilakukan untuk menguji apakah model simulasi benar-benar bekerja sesuai dengan batasan yang telah dibuat dalam *causal loop*. Cara yang dilakukan dengan memberikan input nilai ekstrim pada parameter model simulasi.



**Gambar 5. Grafik Exploration Drilling Success Ratio pada Kondisi Ekstrim**

Pada Gambar 5. diatas, sesuai dengan hipotesa yaitu ketika keberhasilan explorasi sama dengan 0 (explorasi tidak berhasil), maka kapasitas panas bumi yang terpasang (*Installed Panas bumi Capacity*) tidak bertambah tetap pada nilai kapasitas awal yang terpasang.

**3.1.4. Qualitative Behavior Test**



**Gambar 6. Grafik Hasil Qualitative Behavior Test**

Berdasarkan Gambar 6. diatas dapat disimpulkan hasil sesuai dengan hipotesa yaitu semakin tinggi *cost per well*, maka panas bumi *installed capacity* semakin berkurang.

**3.2. Hasil Simulasi**

Perancangan skenario model simulasi untuk menentukan rencana apa yang sesuai untuk diterapkan dalam rangka pengadopsian panas bumi oleh industri *oil and gas*. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan terhadap komponen-komponen yang ada dalam simulasi yang dibuat, komponen yang kemungkinan untuk dijadikan rencana antara lain.

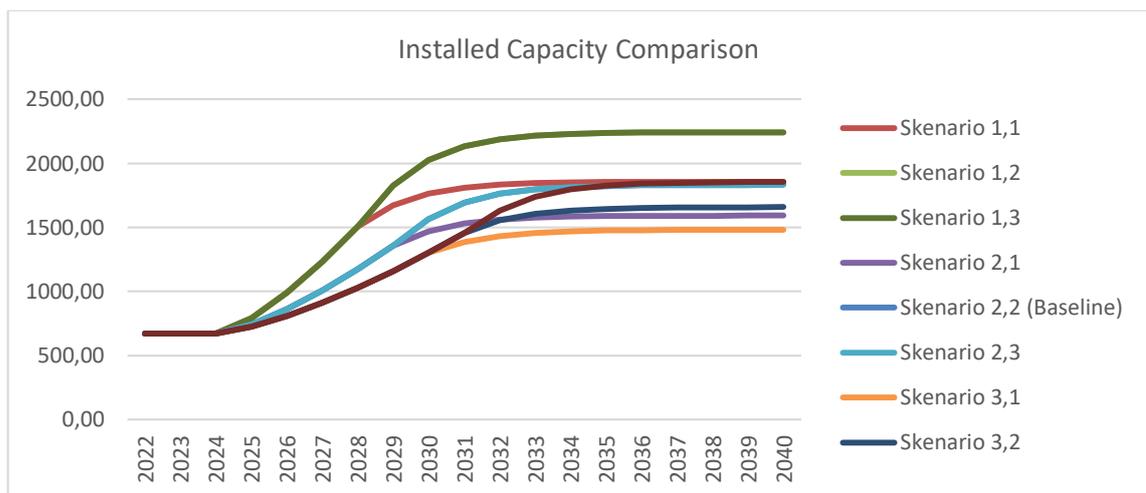
1. *Cost per well*

*Cost per well* dipilih dikarenakan perusahaan *Oil & Gas* sudah memiliki teknologi dan sumber daya dalam mendevlop sebuah *well*. Hal ini mempengaruhi biaya yang dikeluarkan dalam eksplorasi sumur.

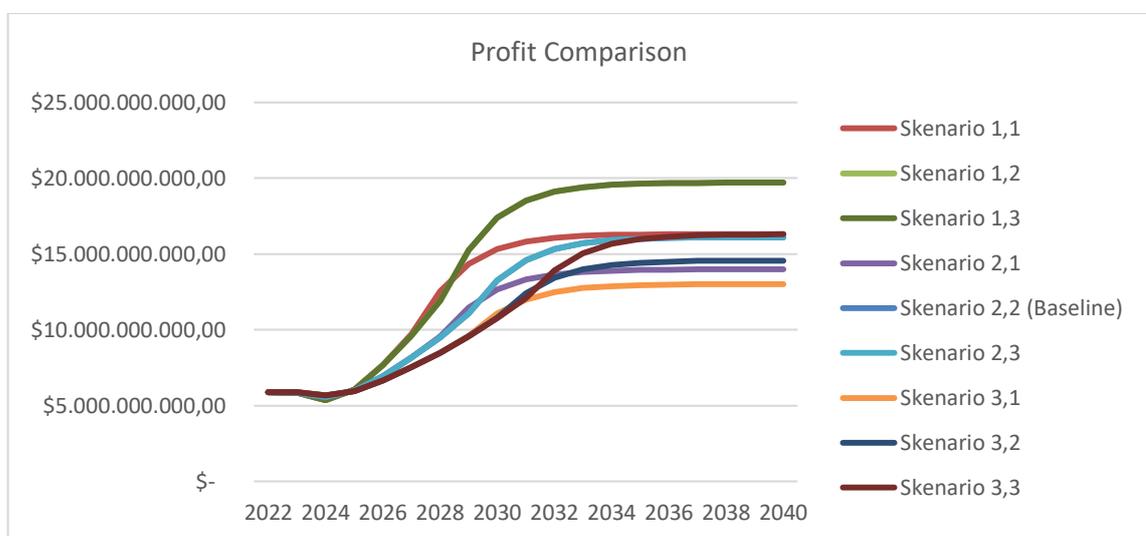
2. *Cost per MW Capacity*

*Cost per MW Capacity* dipilih dikarenakan perusahaan *Oil & Gas* Sebagian besar memiliki teknologi untuk ekstraksi energi, Untuk teknologi pembangkitan dan distribusi biasanya diserahkan kepada perusahaan yang lebih berpengalaman di bidangnya. Hal ini mempengaruhi biaya dalam menghasilkan daya listrik yang bisa didistribusikan.

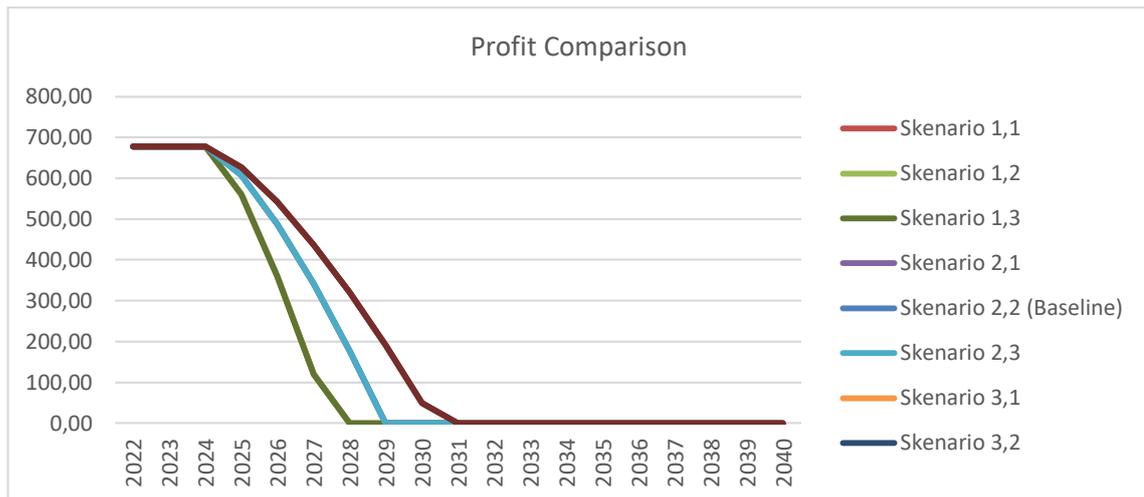
Pada bagian ini dilakukan perbandingan skenario satu dengan lainnya untuk memperoleh gambaran secara umum dari hasil model simulasi yang diperoleh. Perbandingan kapasitas terpasang dari setiap skenario pada Gambar 4. Perbandingan antar skenario untuk *profit* pada Gambar 5. Perbandingan antar skenario pencapaian target pada Gambar 6.



Gambar 7. Perbandingan Kapasitas Terpasang



Gambar 8. Perbandingan Antar Skenario Untuk Profit



Gambar 9. Perbandingan Antar Skenario Pencapaian Target

## KESIMPULAN

Dari pembahasan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa strategi terbaik untuk mencapai target kapasitas terpasang yang tinggi adalah skenario 1,2, dimana mengurangi biaya untuk tiap sumur berdampak pada kemampuan dari perusahaan untuk dapat mengembangkan sumur selanjutnya sehingga kapasitas yang dapat terpasang semakin banyak. Kemudian strategi terbaik untuk mencapai profit tertinggi adalah skenario 1,2. Profit tinggi dicapai dengan menambah kapasitas terpasang. Serta strategi terbaik untuk mencapai target tercepat adalah strategi 1,2. Semakin rendah biaya untuk mengembangkan sumur maka semakin cepat implementasinya. Sehingga efisiensi dalam pengembangan sumur dapat mempercepat dan menambah implementasi dalam pengembangan energi panas bumi. Untuk mencapai target implementasi energi Panas Bumi tersebut, Industri Minyak & gas disarankan untuk fokus pada pengurangan biaya sumur, berinvestasi pada teknologi pengembangan sumur dan sebaiknya melakukan perencanaan eksplorasi sumur jangka panjang untuk mengoptimalkan pengembangan sumur baru.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nasruddin, Idrus Alhamid, M., Daud, Y., Surachman, A., Sugiyono, A., Aditya, H. B., & Mahlia, T. M. I. (2016). Potential of panas bumi energy for electricity generation in Indonesia: A review. *Renewable and Sustainable Energi Reviews*, 53(2016), 733–740. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.032>
- [2] Purba, D., Adityatama, D. W., Agustino, V., Fininda, F., Alamsyah, D., & Muhammad, F. (2020). Panas bumi *Drilling Cost Optimization in Indonesia: A Discussion of Various Factors*. *Figure 1*, 1–14.
- [3] Setiawan, A. D., Dewi, M. P., Muzaki, M. S., & Rahman, I. (2020). *A Conceptual System Dynamics Model of Panas bumi Development in Indonesia*. 118–121.
- [4] IESR. (2021). *Indonesia Energy Transition Outlook 2021: Tracking progress of energy*

transition in Indonesia. *Institute for Essential Services Reform (IESR)*, 1–93.

- [5] Chaiyapa, W., Esteban, M., & Kameyama, Y. (2018). Why go green ? Discourse analysis of motivations for Thailand ' s oil and gas companies to invest in renewable energy. *Energi Policy*, 120(April 2016), 448–459. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.05.064>
- [6] Pickl, M. J. (2019). The renewable energy strategies of oil majors – From oil to energy ? *Energi Strategy Reviews*, 26(May), 100370. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100370>
- [7] Lu, H., Guo, L., & Zhang, Y. (2019). Oil and gas companies ' low-carbon emission transition to integrated energy companies. *Science of the Total Environment*, 686, 1202–1209. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.014>
- [8] Sterman, J. D. (2000). *Systems Thinking and Modeling for a Complex World*.
- [9] Lertpattarapong, C. (2002). *Applying System Dynamics Approach to the Supply Chain Management Problem*. 1989. <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/29171/50815613-MIT.pdf>
- [10] Harris, B. (2000). *Applying System Dynamics to Business : An Expense Management Example*. April.